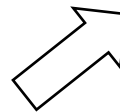
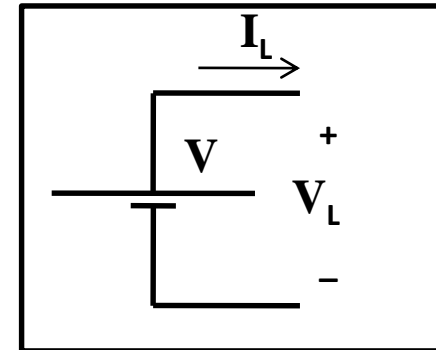
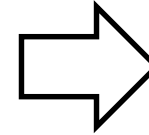
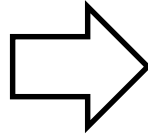
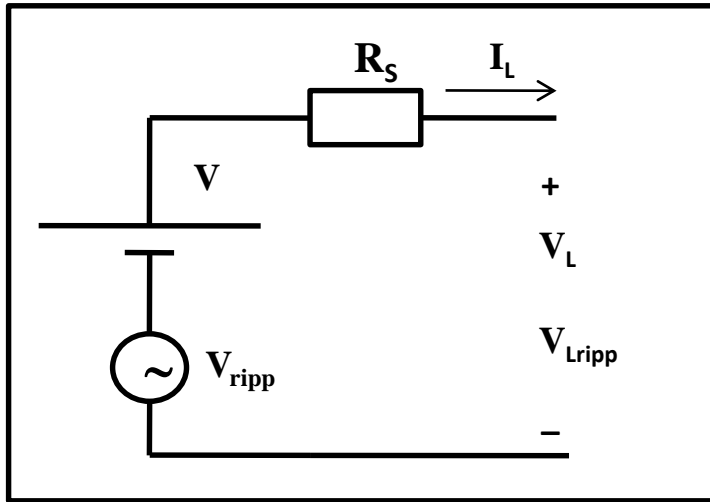


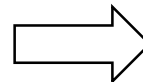
# REGULADOR DE TENSION CONMUTADO (FUENTE SWITCHING)

Cátedra de Dispositivos Electrónicos  
Departamento de Electricidad, Electrónica y Computación (DEEC)  
FACET - UNT

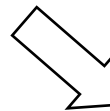
# Fuente de tensión continua regulada



Disminuir  $R_s$



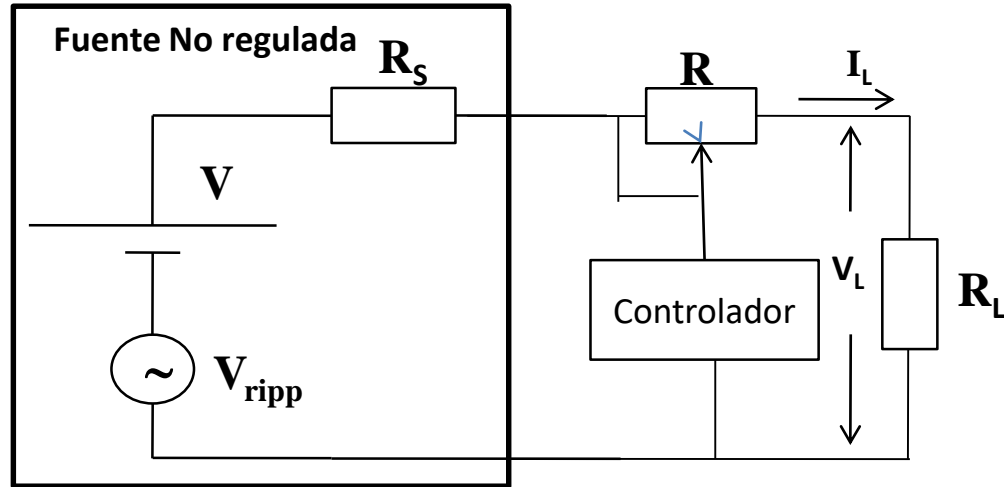
Disminuir  $V_{ripp}$



Estabilizar  $V_L$

# REGULADOR LINEAL SERIE

(PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO)



$$V_L = \frac{V * R_L}{(R + R_s + R_L)}$$

$$si (R + R_L) \gg R_s$$

$$V_L \approx \frac{V * R_L}{(R + R_L)}$$

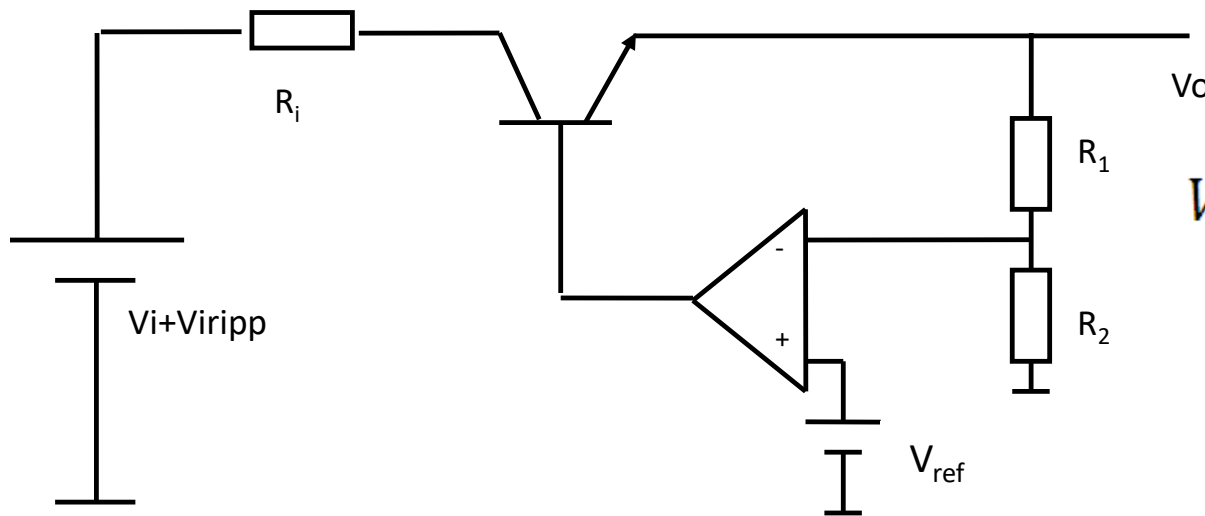
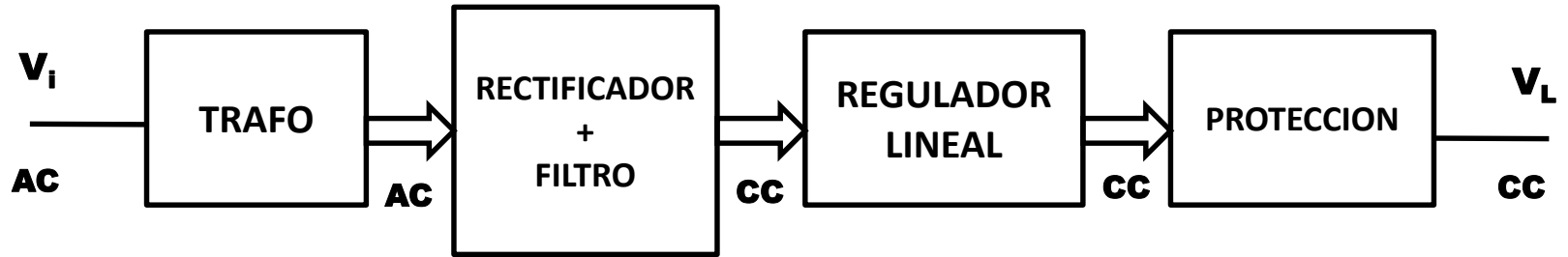
Para que  $V_L = cte.$

$$V_L \approx \frac{V}{\left(1 + \frac{R}{R_L}\right)}$$

$$R_L \uparrow \Rightarrow \frac{V}{\left(1 + \frac{R}{R_L}\right)} = cte. \Rightarrow R \uparrow$$

$$V \uparrow \Rightarrow \frac{1}{\left(1 + \frac{R}{R_L}\right)} \uparrow \Rightarrow R \uparrow$$

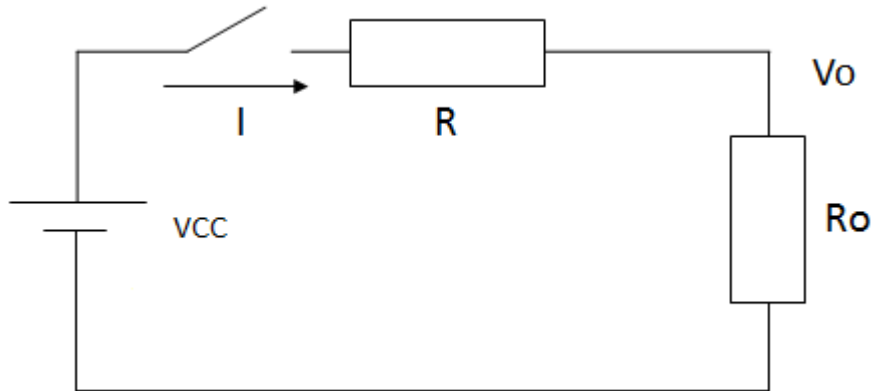
# Esquema Fuente Regulada Lineal



$$V_o = V_{Ref} \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

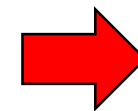
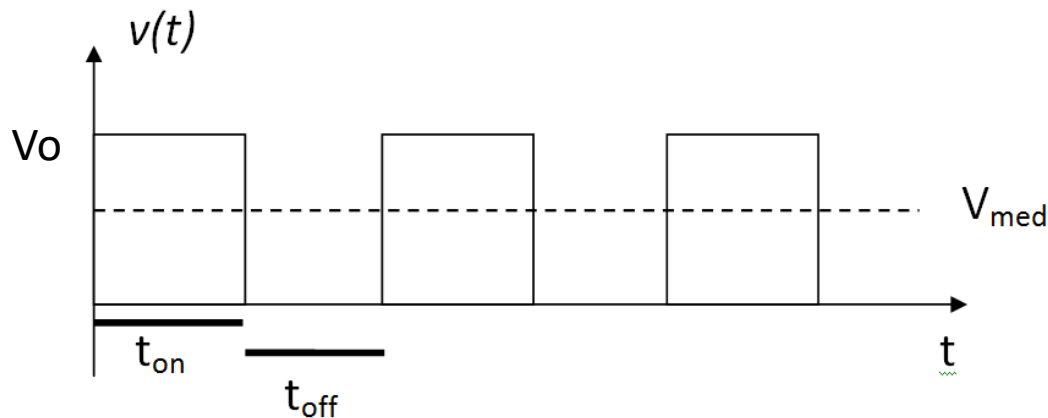
# REGULADOR CONMUTADO

## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

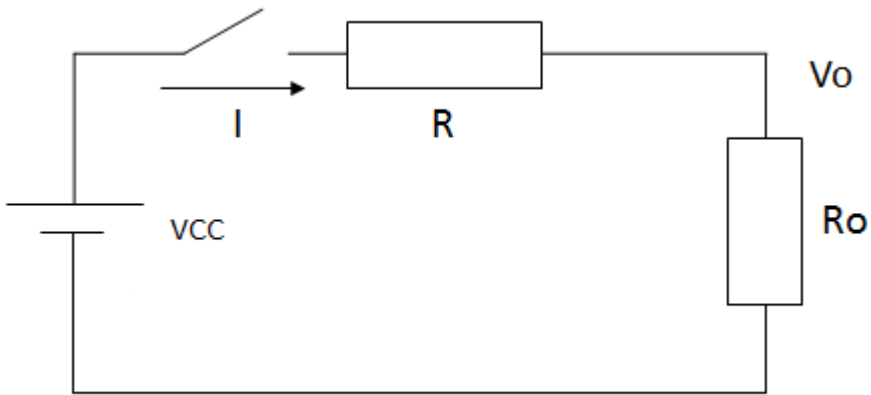


$$V_{med} = \frac{1}{T} \int_0^T v_o(t) dt$$

$$V_{med} = \frac{1}{T} \int_0^{t_{on}} V_0 dt$$

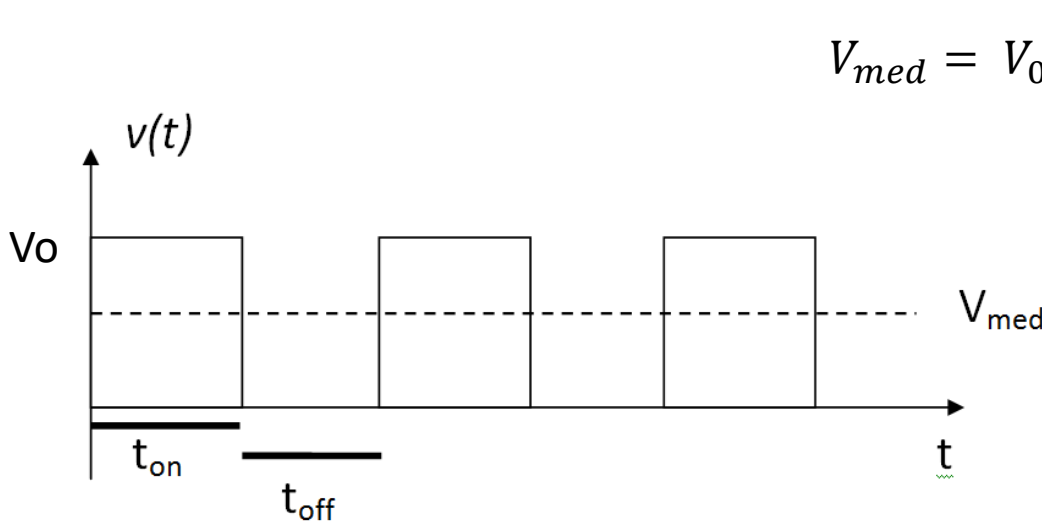


$$V_{med} = \frac{1}{T} V_0 t_{on}$$



$$V_{med} = \frac{1}{T} V_0 t_{on} \quad T = t_{on} + t_{off} = \frac{1}{f}$$

$$V_{med} = V_0 t_{on} f$$



$$V_{med} = V_0 \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} \quad D = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}}$$

$D = \text{Ciclo de Trabajo}$

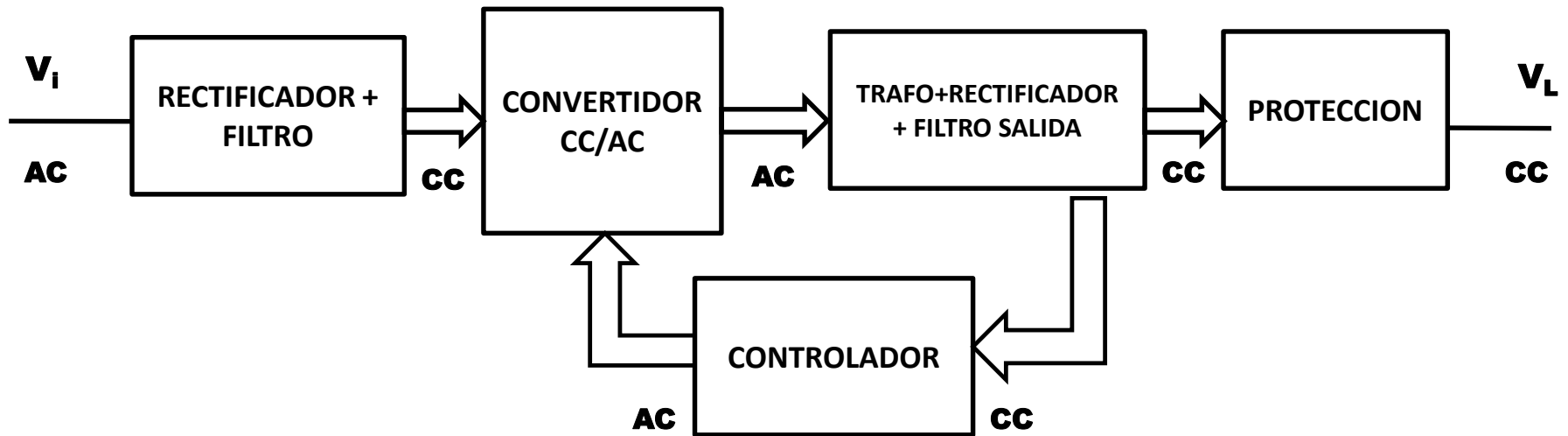
$$V_{med} = V_0 D$$

Si  $R \ll R_0$

$$V_0 \approx V_{CC}$$

$$V_{med} = V_{CC} t_{on} f = V_{CC} D$$

# FUENTE REGULADA SWITCHING

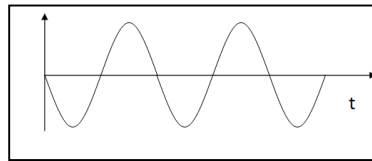


- $V_i$  normalmente red de distribución 220 V  $\rightarrow$  50Hz
- Convertidor CC/AC  $\rightarrow$  entrega una tensión de frecuencia  $\geq$  20 KHz
- A frecuencia elevada el filtro de salida utiliza componentes de menor valor y se utiliza una configuración L – C
- Se puede además utilizar transformadores de menor peso y volumen
- El CONTROLADOR puede variar alguna característica de la tensión alterna de alta frecuencia para compensar las variaciones de la tensión de salida  $V_L$

# ESQUEMA GENERAL DE UNA FUENTE CONMUTADA

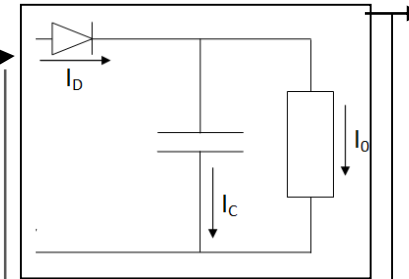
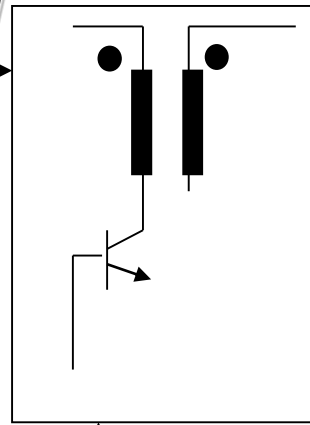
- La tensión de entrada  $V_i$  se rectifica y se filtra directamente de la red

- La tensión continua obtenida se convierte en alterna de alta frecuencia



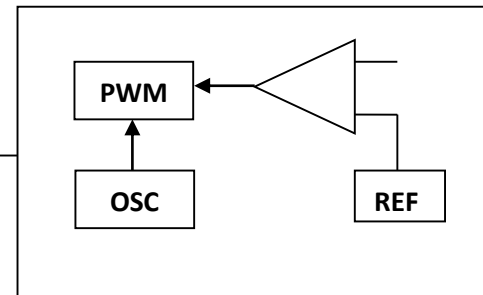
RECTIFICADOR Y FILTRO

Pulsante (continua + ripple)



RECTIFICADOR Y FILTRO DE SALIDA

Alta frecuencia (cuadrada)



CONTROLADOR

- La tensión alterna de alta frecuencia permite reducir el tamaño del transformador y del filtro de salida

- Mediante un circuito de control se varia alguna característica de la tensión alterna de alta frecuencia para compensar las variaciones de la tensión de salida  $V_L$



# Convertidores de Energía



Entrada

Salida

Alterna

Continua

Continua

Alterna

Alterna

Alterna

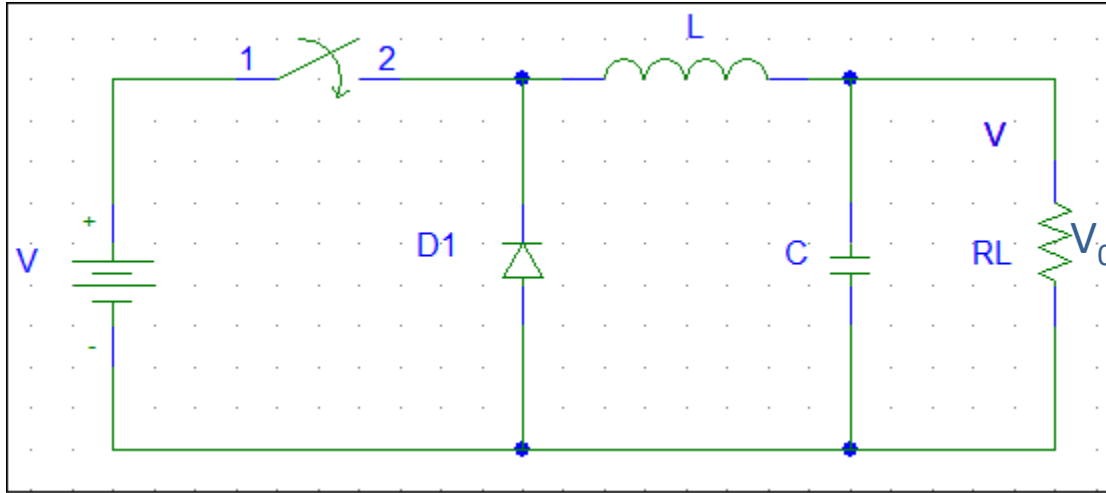
Continua

Continua

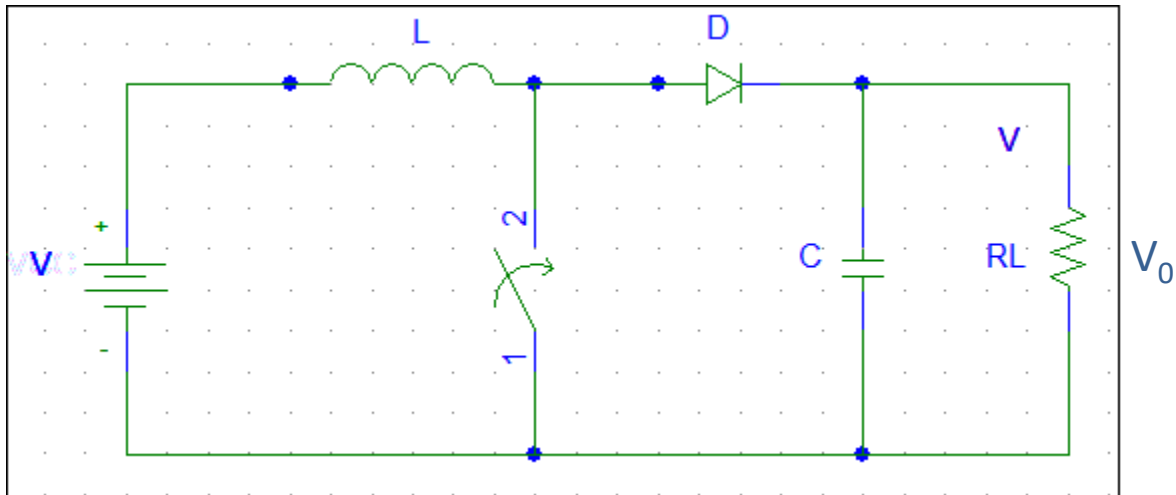
# FUENTES DE ALIMENTACION CONMUTADAS (SWITCHING)

- También llamadas Fuentes Switching.
- Se distinguen con ese nombre a los convertidores de Corriente alterna (AC) a corriente continua (DC) o los convertidores DC/DC, cuyo principio de funcionamiento se basa en la conmutación de una llave mas que en un circuito lineal.
- Las fuentes conmutadas fueron desarrolladas como consecuencia de los problemas de ***disipación térmica, peso y volumen de los reguladores lineales.***
- Hoy en día son de uso común en aplicaciones industriales y comerciales.

# Circuitos Inversores



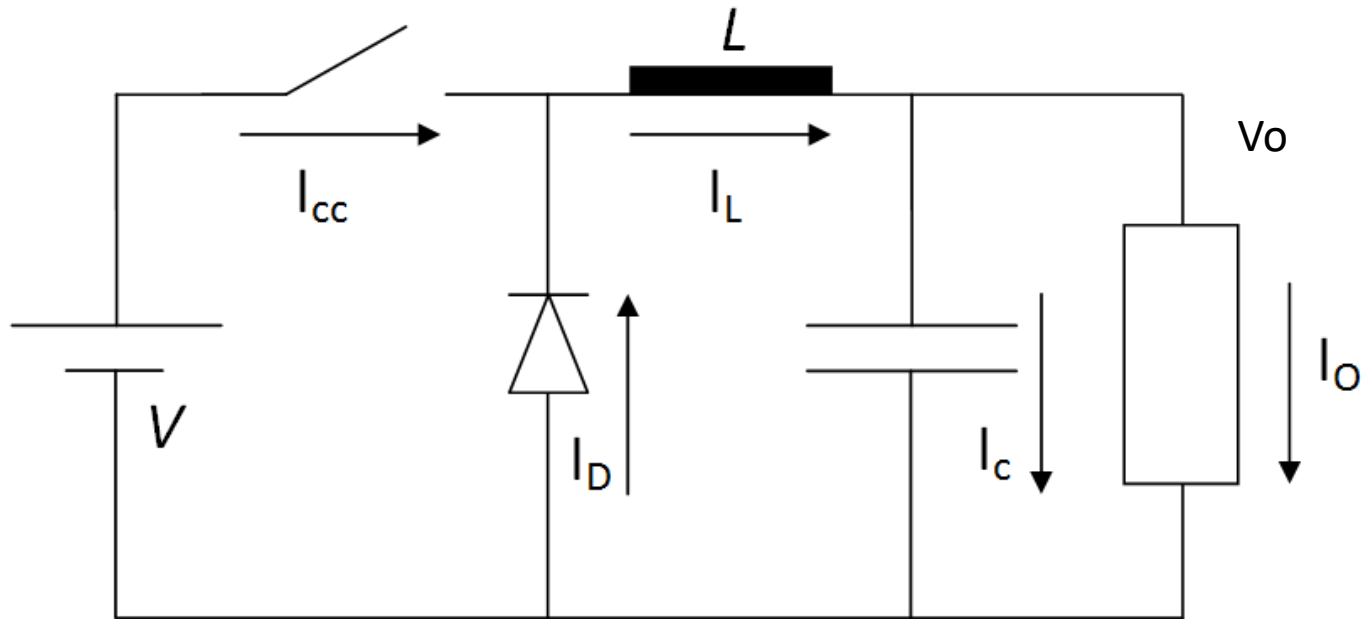
BUCK ( $V_0 \leq V$ )



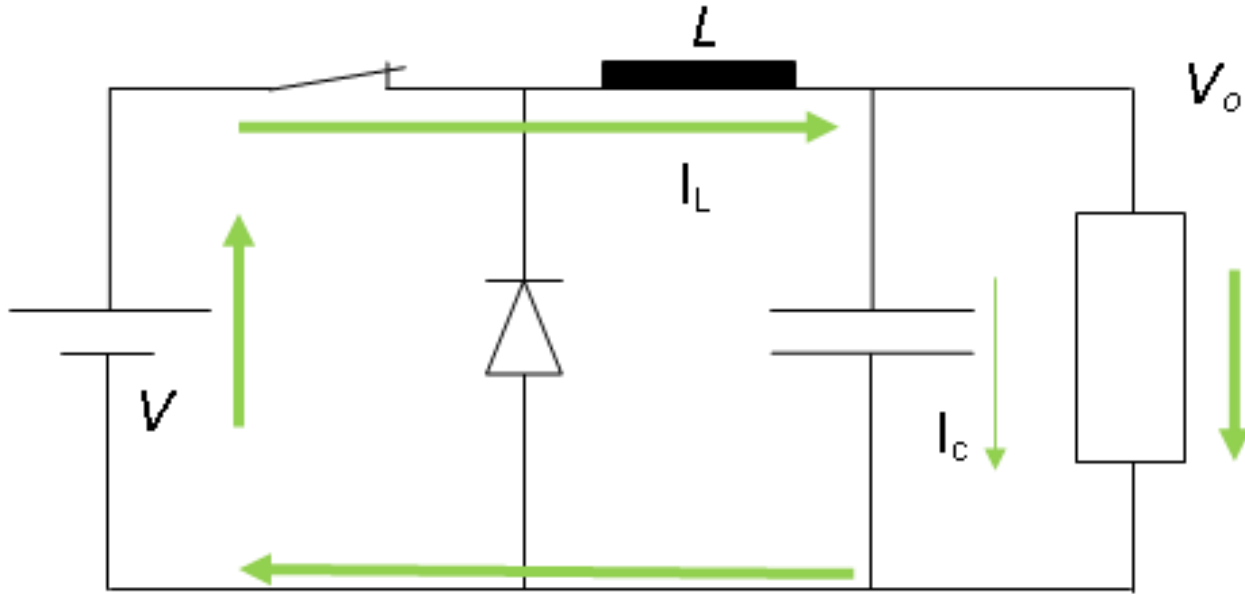
BOOST ( $V_0 > V$ )

# INVERSOR CC $\rightarrow$ AC

Circuito propuesto (Reductor BUCK)



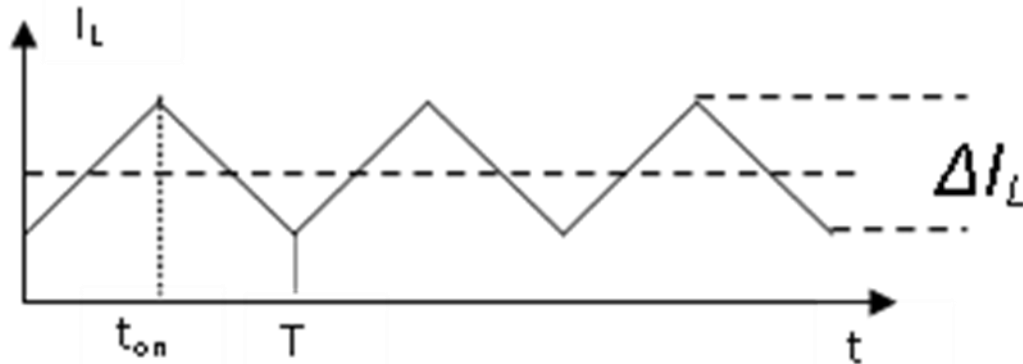
# Inversor Buck con el interruptor cerrado



$$V = V_L + V_o$$

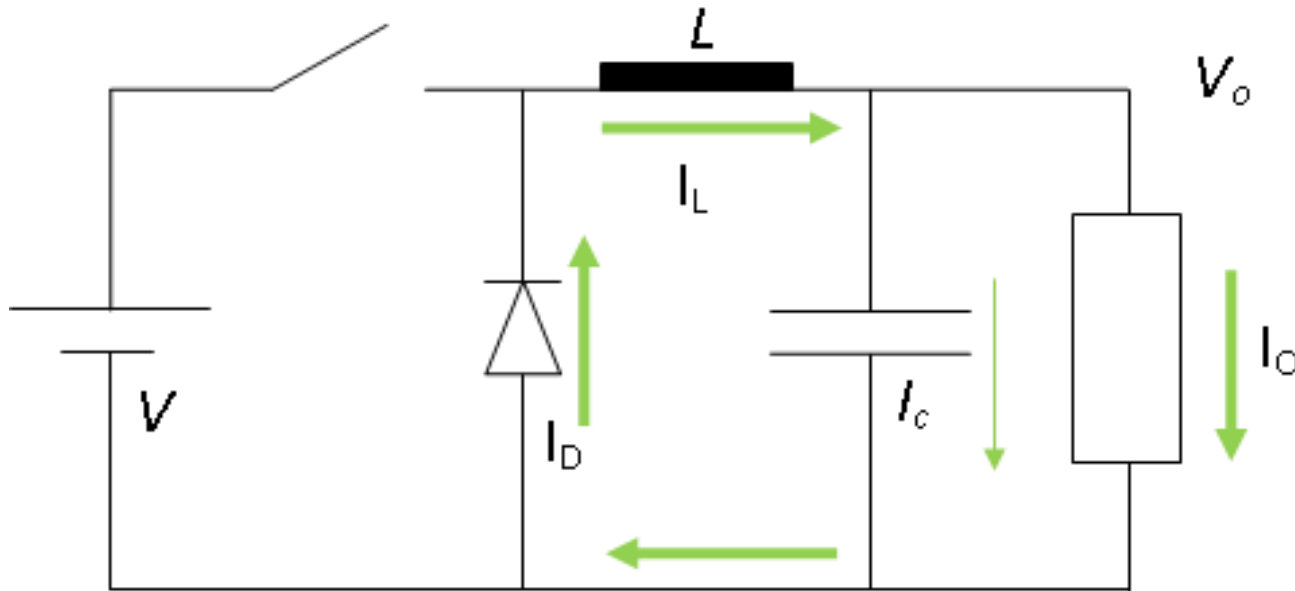
$$V = L \frac{di_L}{dt} + V_o$$

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{V - V_o}{L} = \frac{\Delta I_L}{t_{on}}$$



$$\Delta I_L = \frac{V - V_o}{L} t_{on}$$

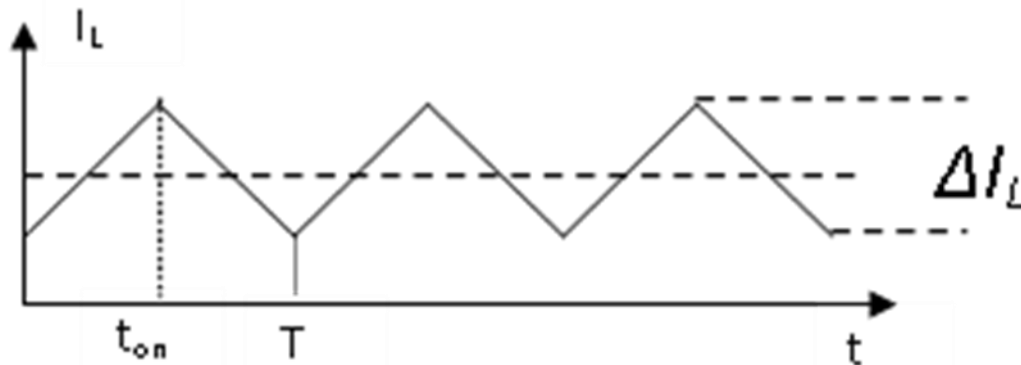
# Inversor Buck con el interruptor abierto



$$V_0 = -V_L = -L \frac{di_L}{dt}$$

$$\frac{di_L}{dt} = -\frac{V_0}{L} = \frac{\Delta I_L}{t_{off}}$$

La disminución de corriente será:



$$\Delta I_L = -\frac{V_0}{L} t_{off}$$

# Tensión continua de salida del convertidor Buck

Energía almacenada en el inductor  $\Rightarrow \varepsilon_L = \frac{1}{2} L \cdot i_L^2$

Energía almacenada durante  $t_{on}$   $\equiv$  Energía entregada durante  $t_{off}$

$$\frac{V - V_0}{L} t_{on} = \frac{V_0}{L} t_{off}$$

$$(V - V_0)t_{on} = V_0 t_{off}$$

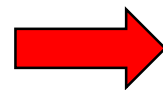
$$V = V_0 + V_0 \frac{t_{off}}{t_{on}}$$

$$V = V_0 \left( 1 + \frac{t_{off}}{t_{on}} \right)$$

$$V = V_0 \left( \frac{t_{on} + t_{off}}{t_{on}} \right)$$

$$V = \frac{V_0}{D}$$

Tensión continua de salida

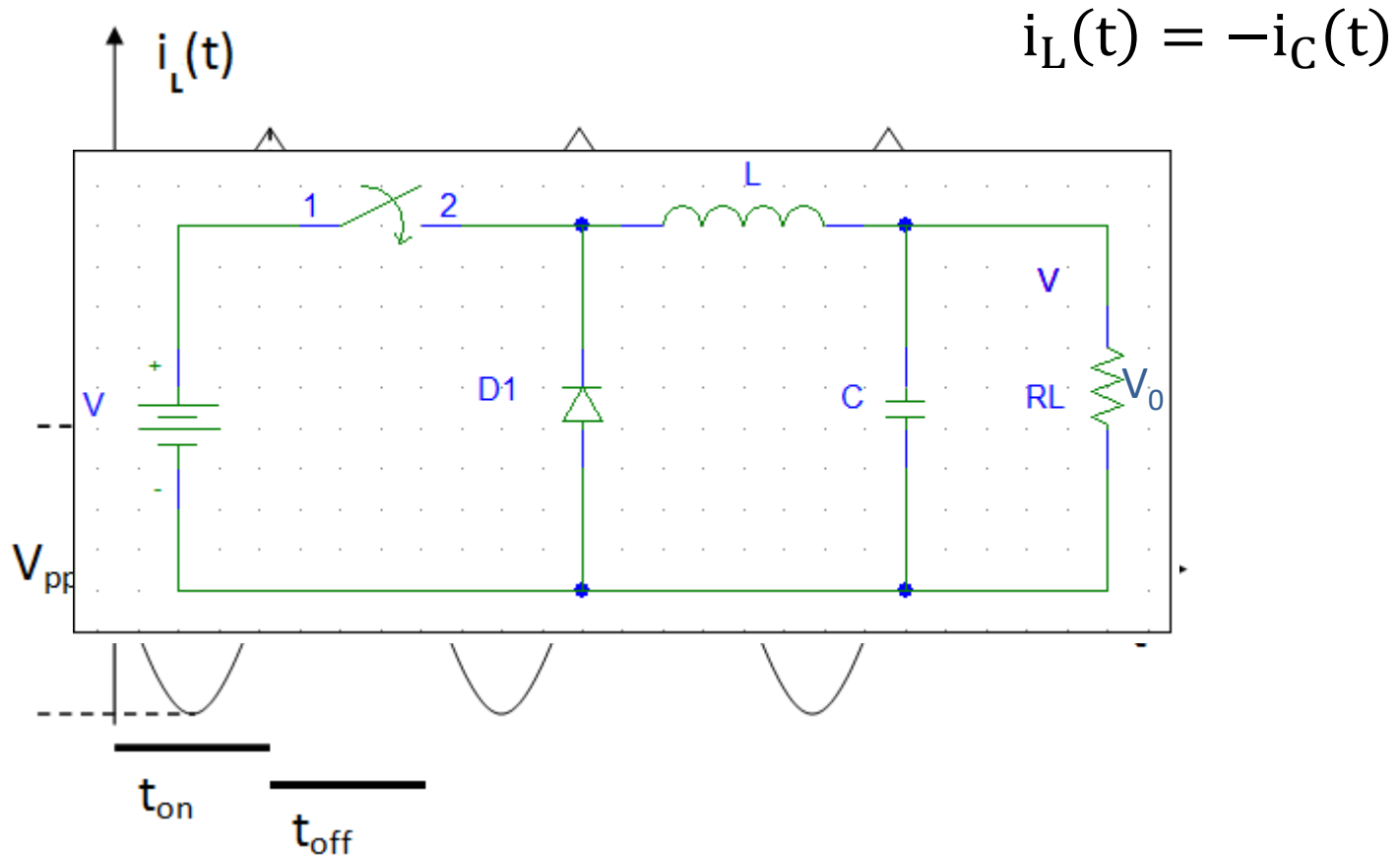


$$V_0 = V \cdot D$$

# Tensión de ripple de salida

La tensión de salida tiene una componente de alterna, producto de la corriente variacional  $\Delta i_L$  (zumbido de corriente en el inductor) que circula por el capacitor suponiendo ( $X_C \ll R_L$ ).

El ripple de la tensión de salida es la tensión en el capacitor consecuencia de  $\Delta i_L$ :



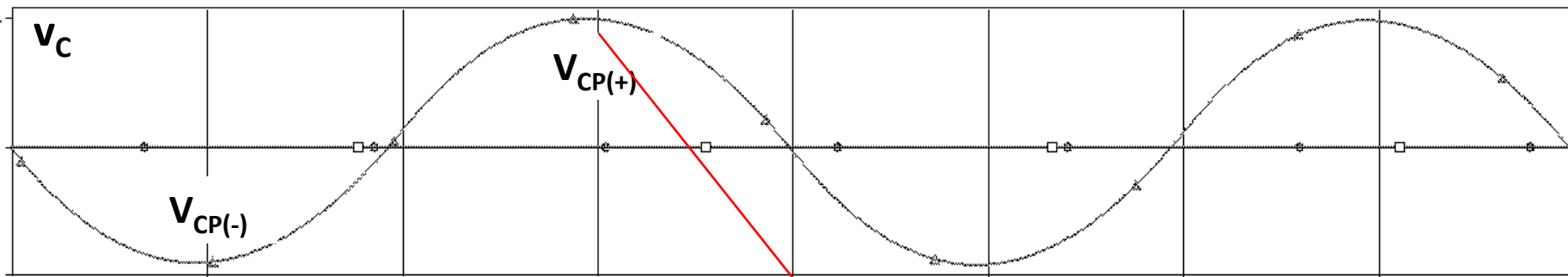
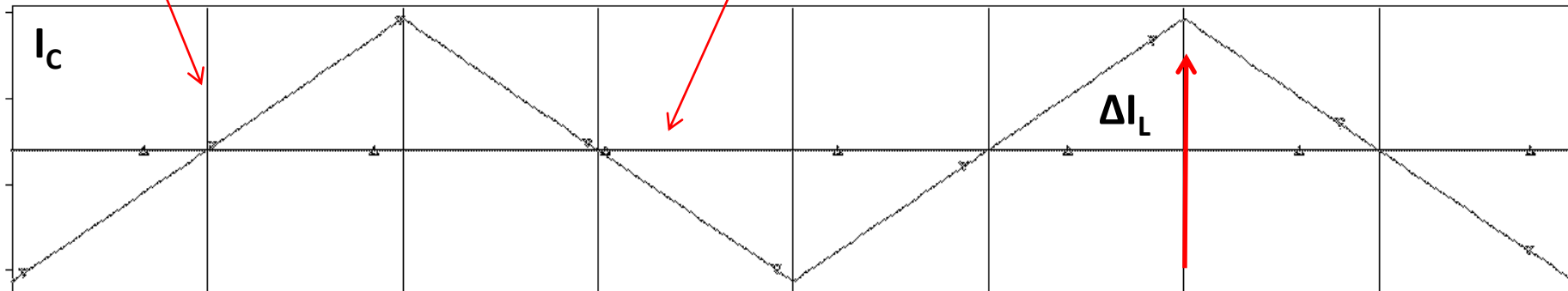


$$i1_c(t) = \frac{\Delta I_L}{t_{on}} t - \frac{\Delta I_L}{2}$$

$$t_{on} = DT$$

$$i2_c(t) = -\frac{\Delta I_L}{t_{off}} t + \frac{\Delta I_L}{2}$$

$$t_{off} = (1 - D)T$$



0  $t_{on}$   $t_{off}$  T

$$V_{CP(-)} = v1_c(t) \text{ cuando } t = \frac{t_{on}}{2}$$

$$V_{CP(+)} = v2_c(t) \text{ cuando } t = t_{on} + \frac{t_{off}}{2}$$

$$v_c(t) = \frac{1}{C} \int i_c(t) dt$$

$$v_c(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i_c dt$$

$$V_{cp(-)} = \frac{1}{C} \int i_{1c}(t) dt \quad \Rightarrow \quad t = \frac{t_{on}}{2} \quad \Rightarrow \quad V_{cp(-)} = \frac{1}{C} \int \left( \frac{\Delta I_L}{DT} t - \frac{\Delta I_L}{2} \right) dt \Big|_{t = \frac{DT}{2}}$$

$$V_{cp(-)} = \frac{1}{C} \frac{\Delta I_L}{8} DT$$

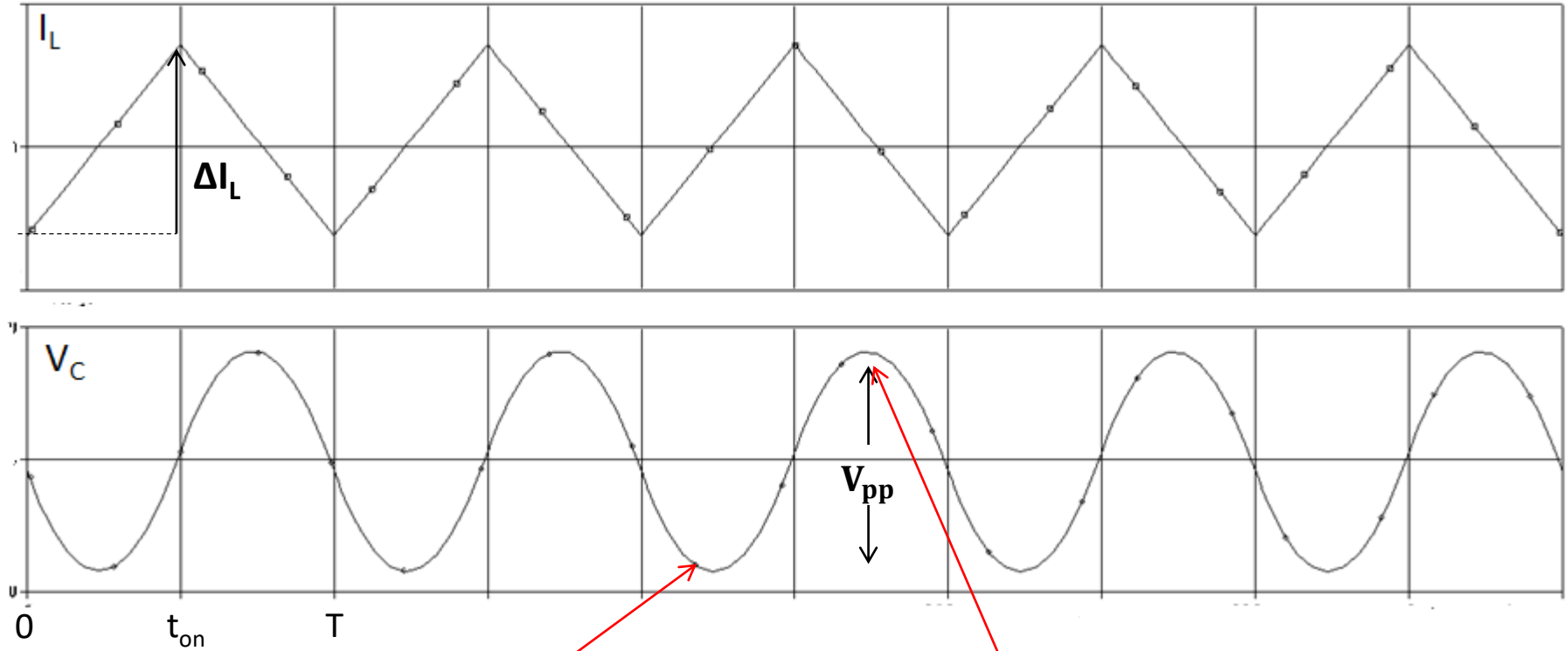
$$V_{cp(+)} = \frac{1}{C} \int i_{2c}(t) dt \quad \Rightarrow \quad V_{cp(+)} = \frac{1}{C} \int \left( -\frac{\Delta I_L}{(1-D)T} t + \frac{\Delta I_L}{2} \right) dt \Big|_{t = \frac{(1-D)T}{2}}$$

$$V_{cp(+)} = \frac{1}{C} \frac{\Delta I_L}{8} (1-D)T$$

$$V_{pp} = V_{cp(+)} + V_{cp(-)} \qquad V_{pp} = \frac{1}{C} \frac{\Delta I_L}{8} T$$

$$V_{pp} = V_{cp(+)} + V_{cp(-)}$$

$$V_{pp} = \frac{1}{C} \frac{\Delta I_L}{8} T$$

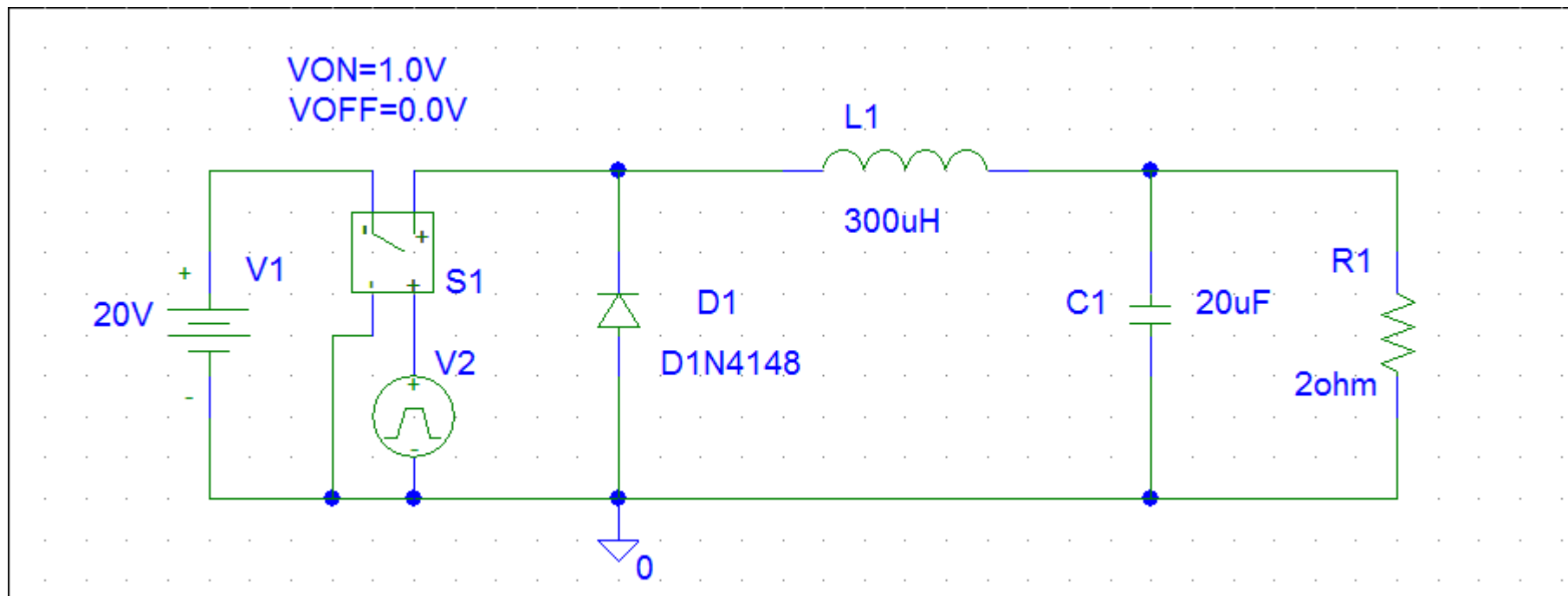


$$V_{cp(-)} = \frac{1}{C} \frac{\Delta I_L}{8} D \cdot T$$

$$V_{cp(+)} = \frac{1}{C} \frac{\Delta I_L}{8} (1 - D) T$$

# Circuito de Prueba (Simulador)

## Filtro Fuente SW



$$D = 0.5 \quad T = 20 \mu s \quad t_{on} = 10 \mu s \quad V_1 = 20V \quad V_0 = 10V$$

$$\Delta I_L = \frac{V_1 - V_0}{L} t_{on}$$

$$\Delta I_L = \frac{(20 - 10)}{300 \cdot 10^{-6}} 10 \times 10^{-6}$$

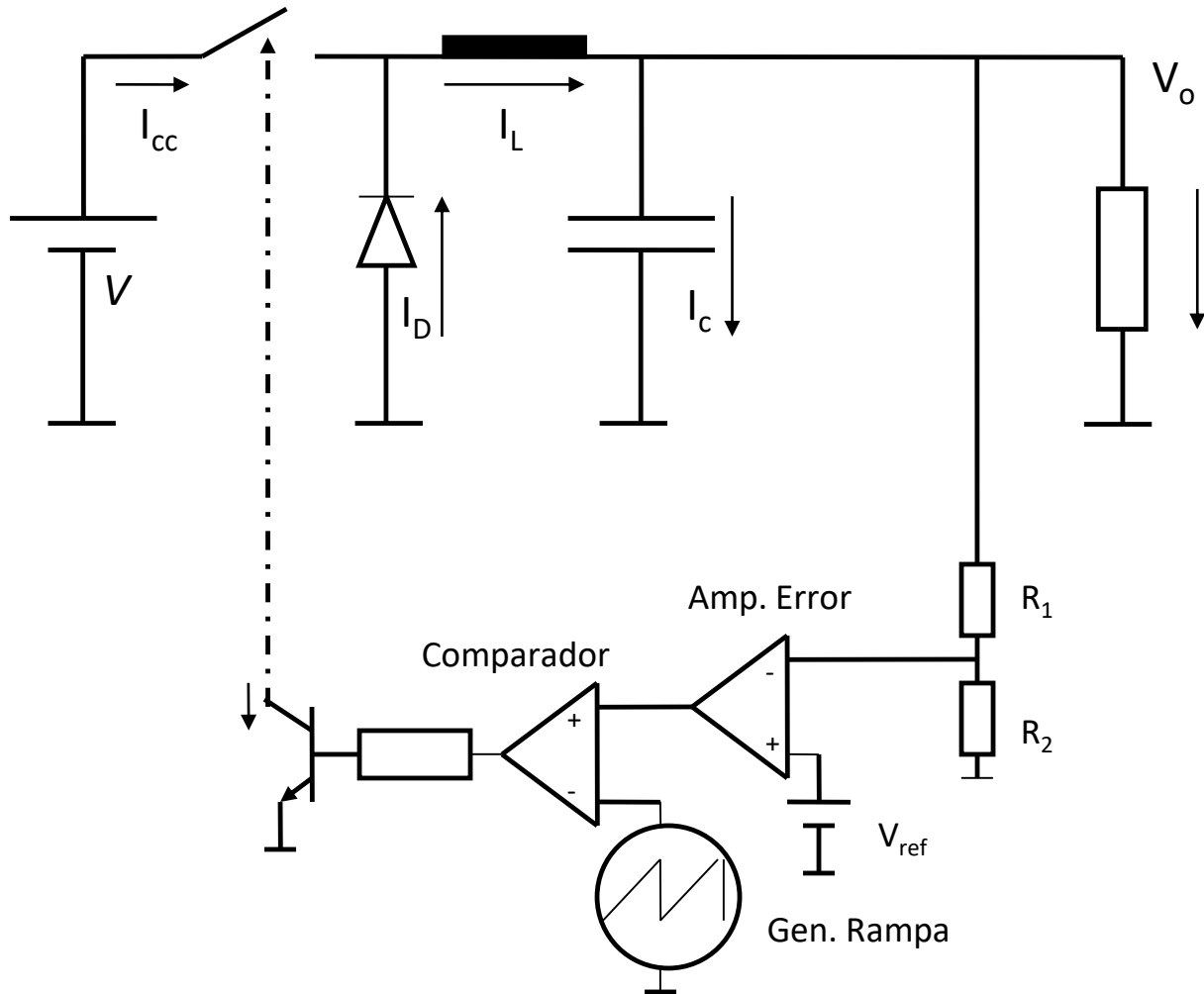
$$\Delta I_L = \frac{1}{3} A \quad (333 \text{ mA})$$

$$V_{pp} = \frac{1}{C} \frac{\Delta I_L}{8} T$$

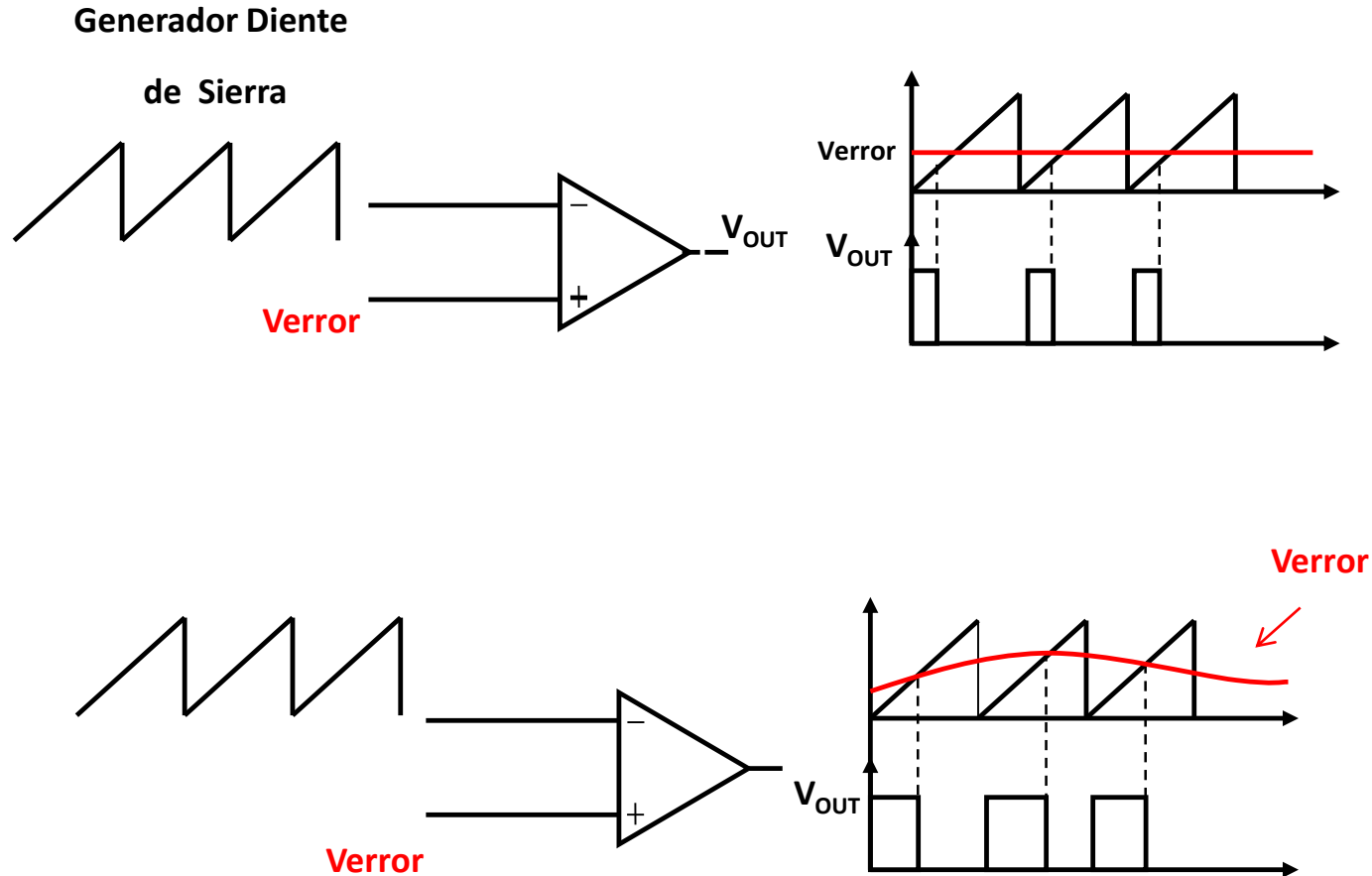
$$V_{pp} = \frac{1}{20 \times 10^{-6}} \frac{1/3}{8} 20 \times 10^{-6}$$

$$V_{pp} = \frac{1}{24} V \quad (42 \text{ mV})$$

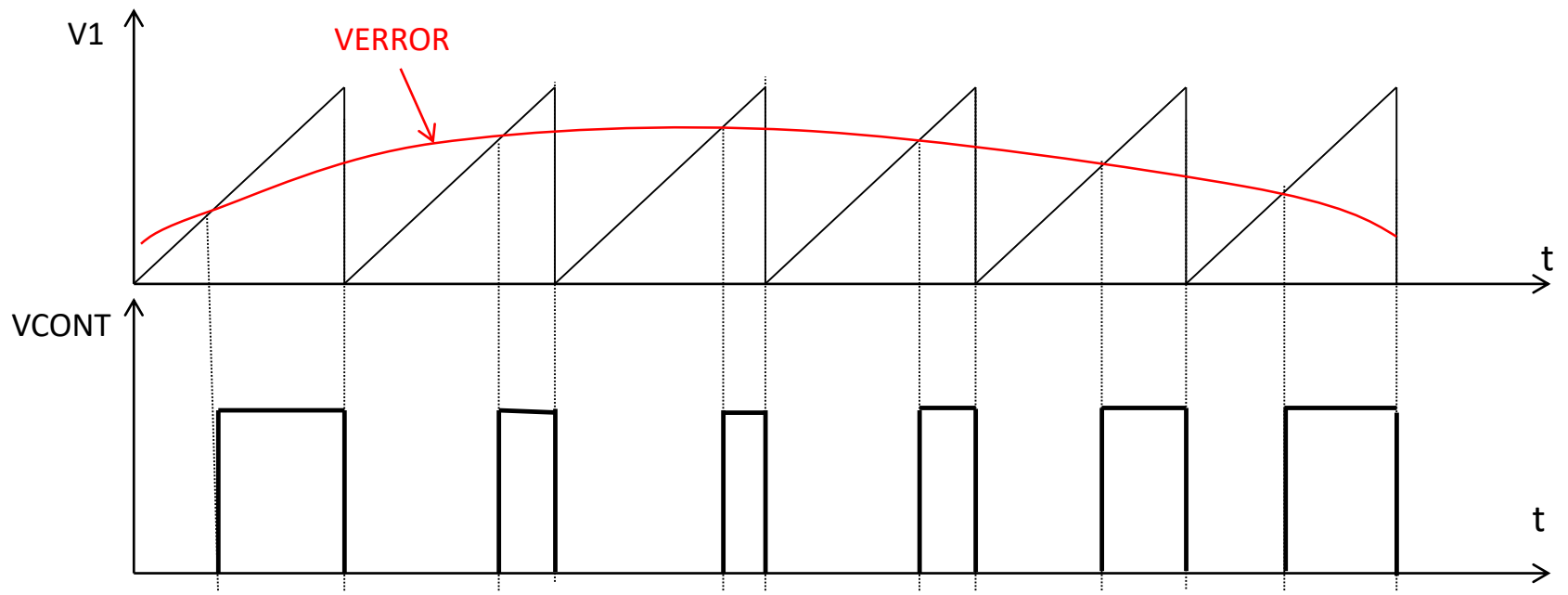
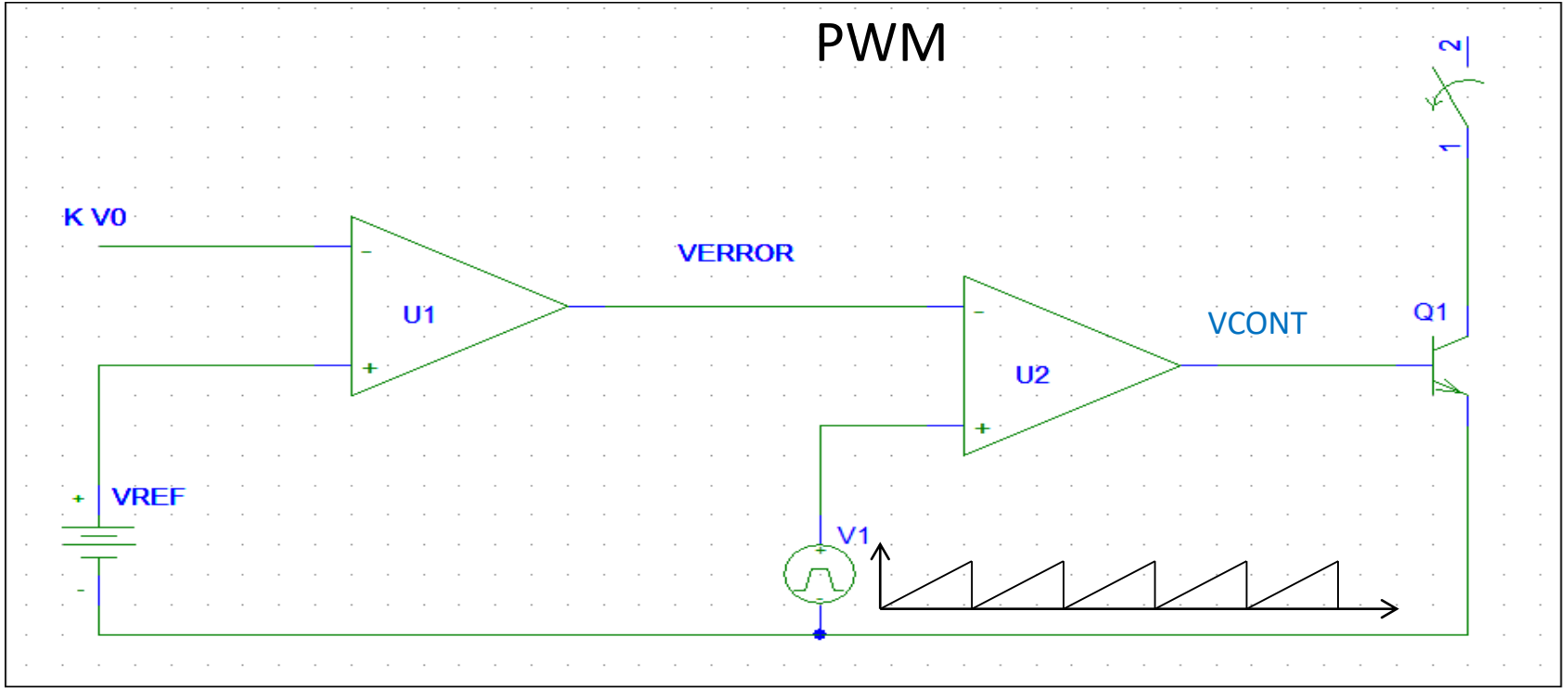
# Esquema de la Fuente Regulada con el circuito de Control



# PWM Modulador de ancho de Pulso

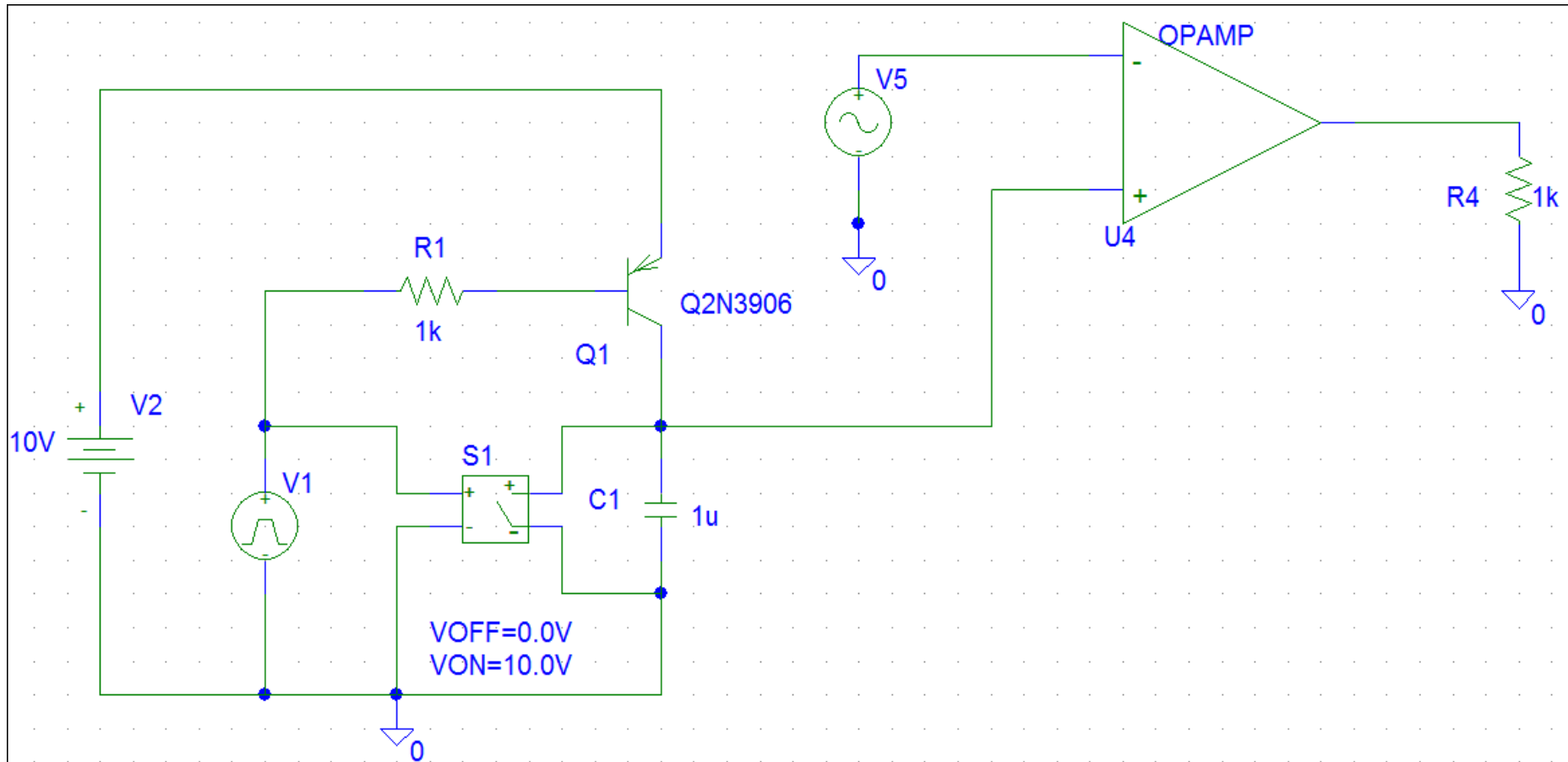


# PWM



# Simulación Modulador Ancho de Pulso (PWM)

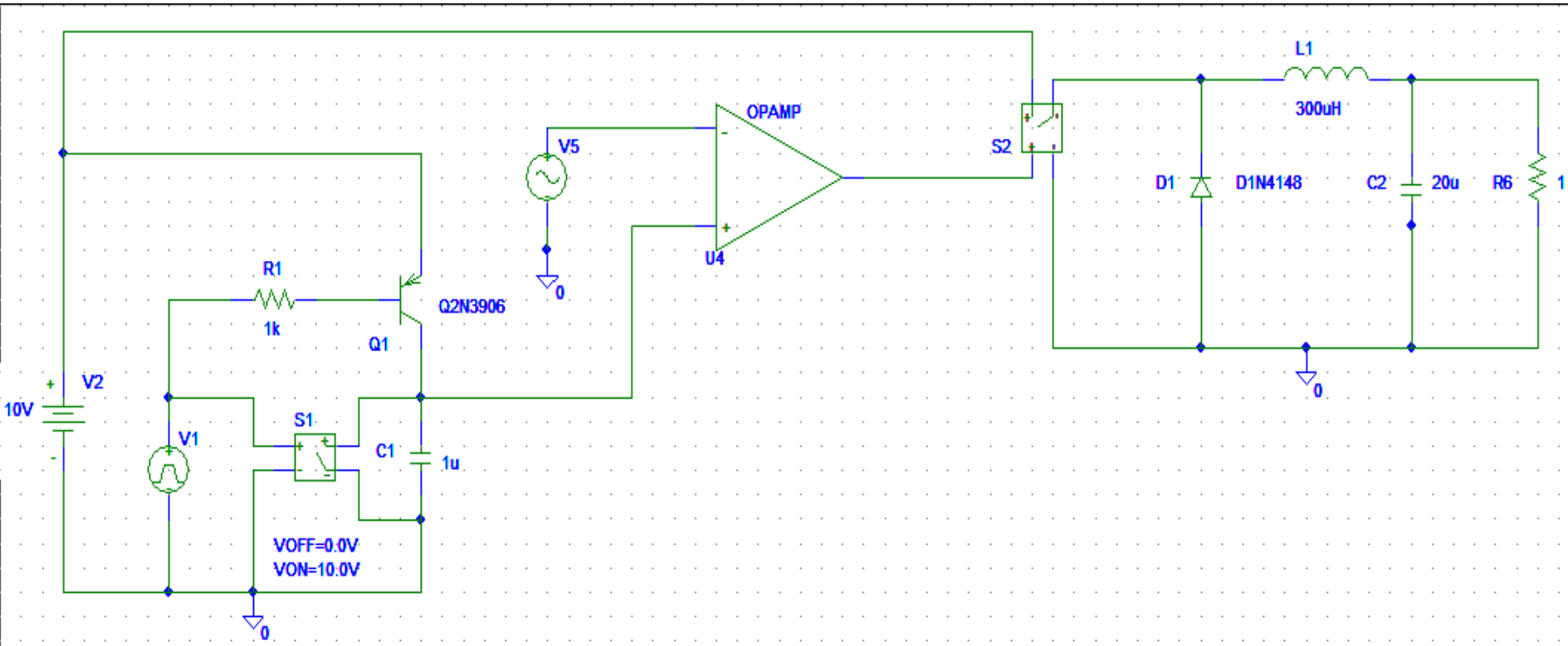
## Diente de Sierra V1



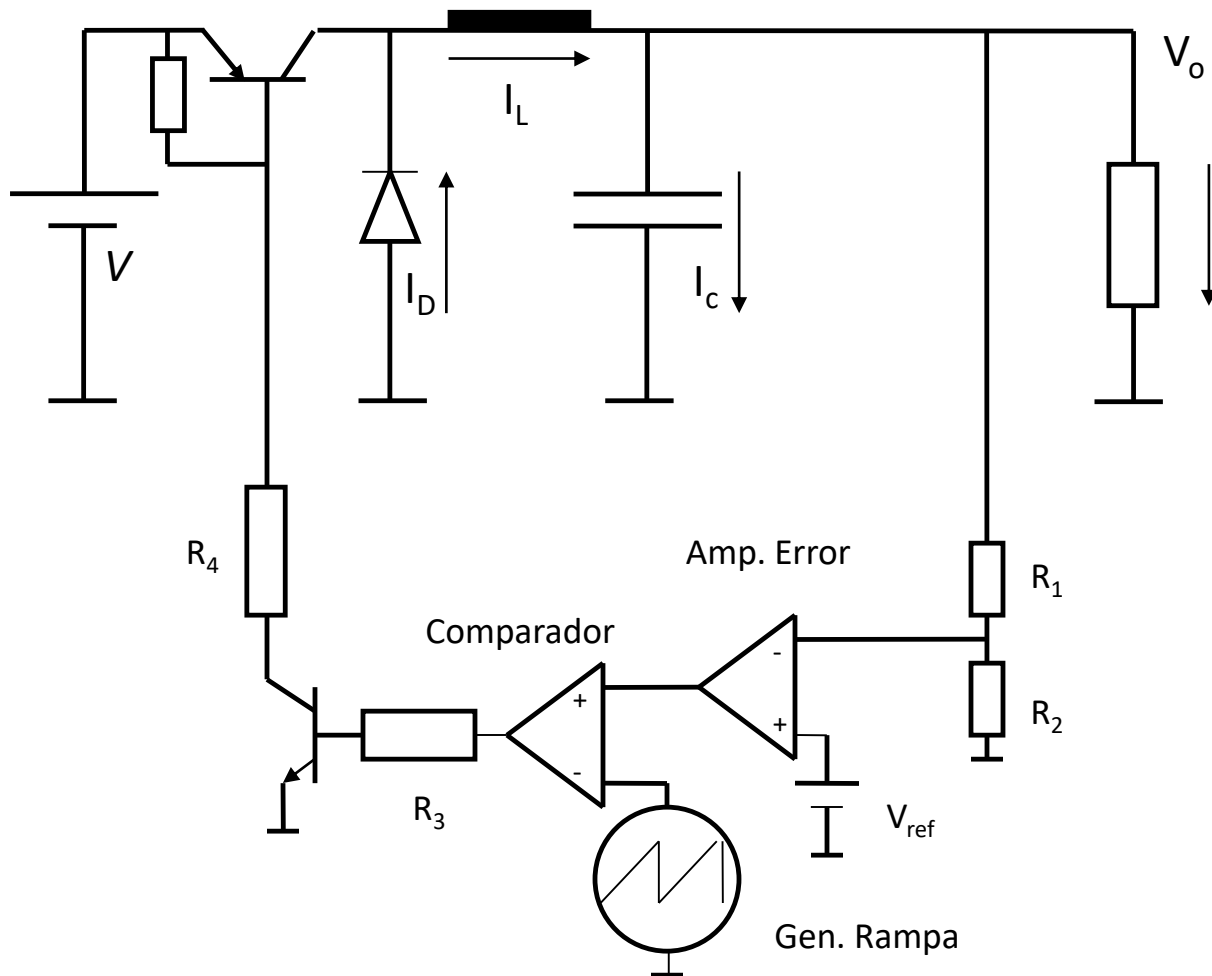


# Simulación Fuente SWITCHING

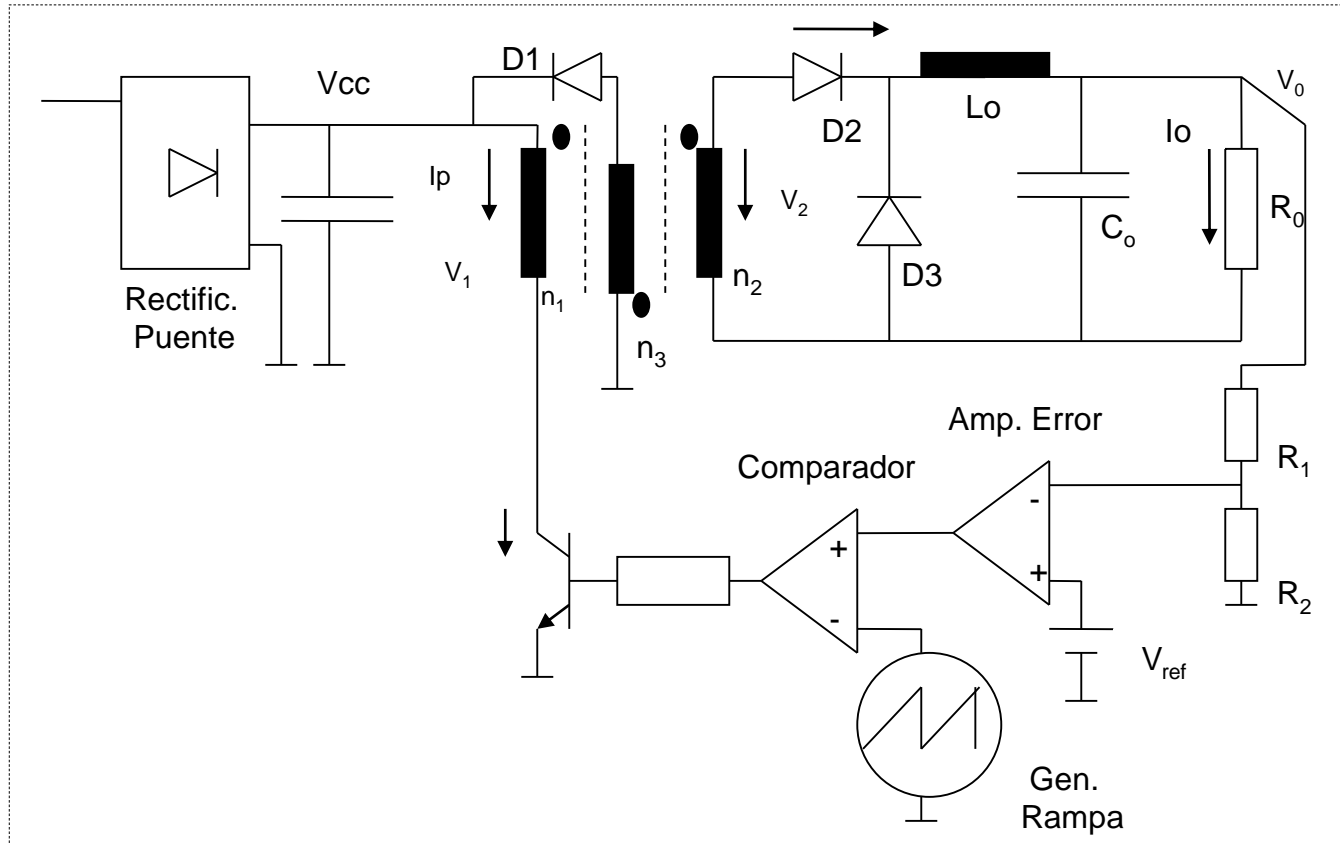
## Diente de Sierra V2



# ESQUEMA GENERAL DE UNA FUENTE CONMUTADA:



# ESQUEMA GENERAL DE UNA FUENTE CONMUTADA TIPO DIRECTA (Forward)

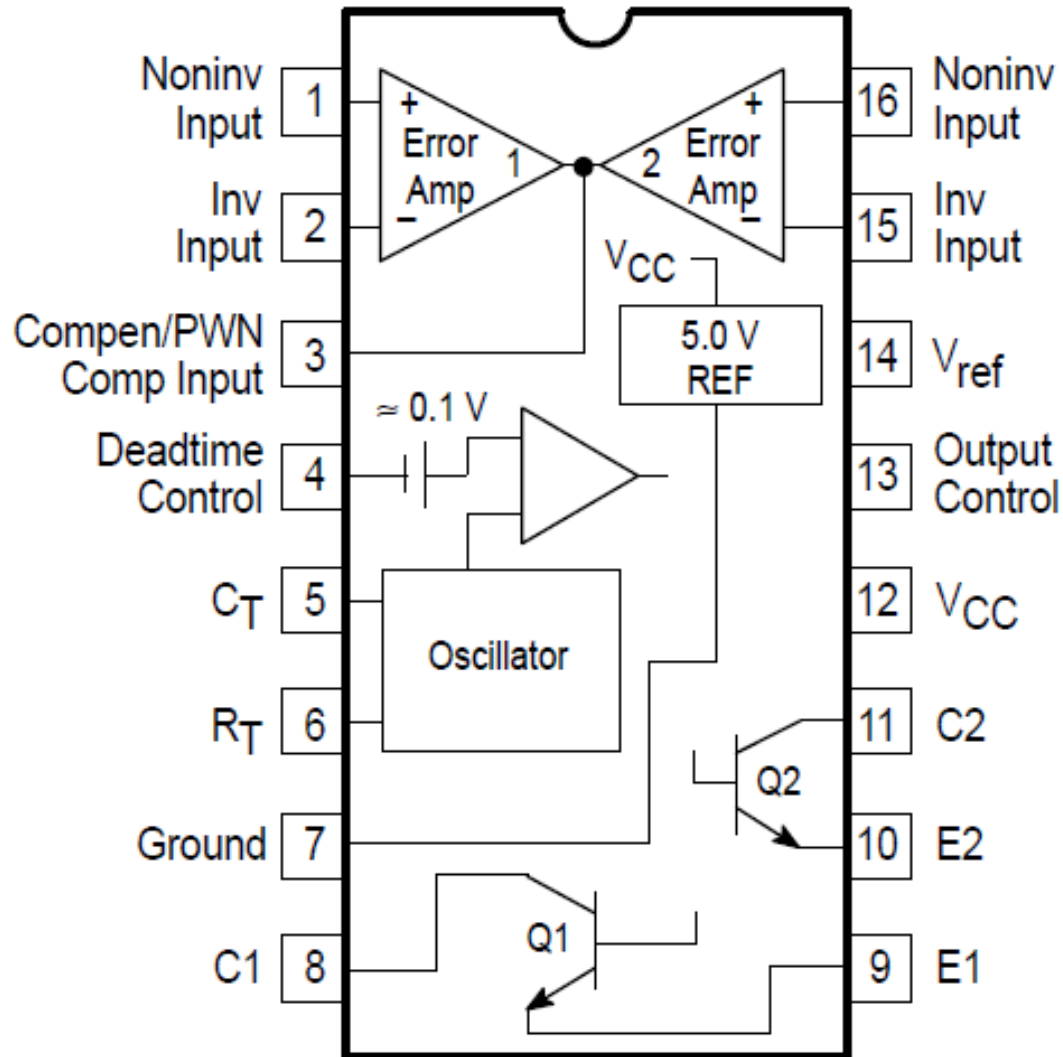


# TL494

## Circuito de control por PWM

- El TL494 incorpora en un solo chip todas las funciones requeridas para la construcción de un circuito de control por modulación de ancho de pulso (PWM)
- Diseñado principalmente para el control de fuentes de alimentación.

# TL494: Esquema de pines

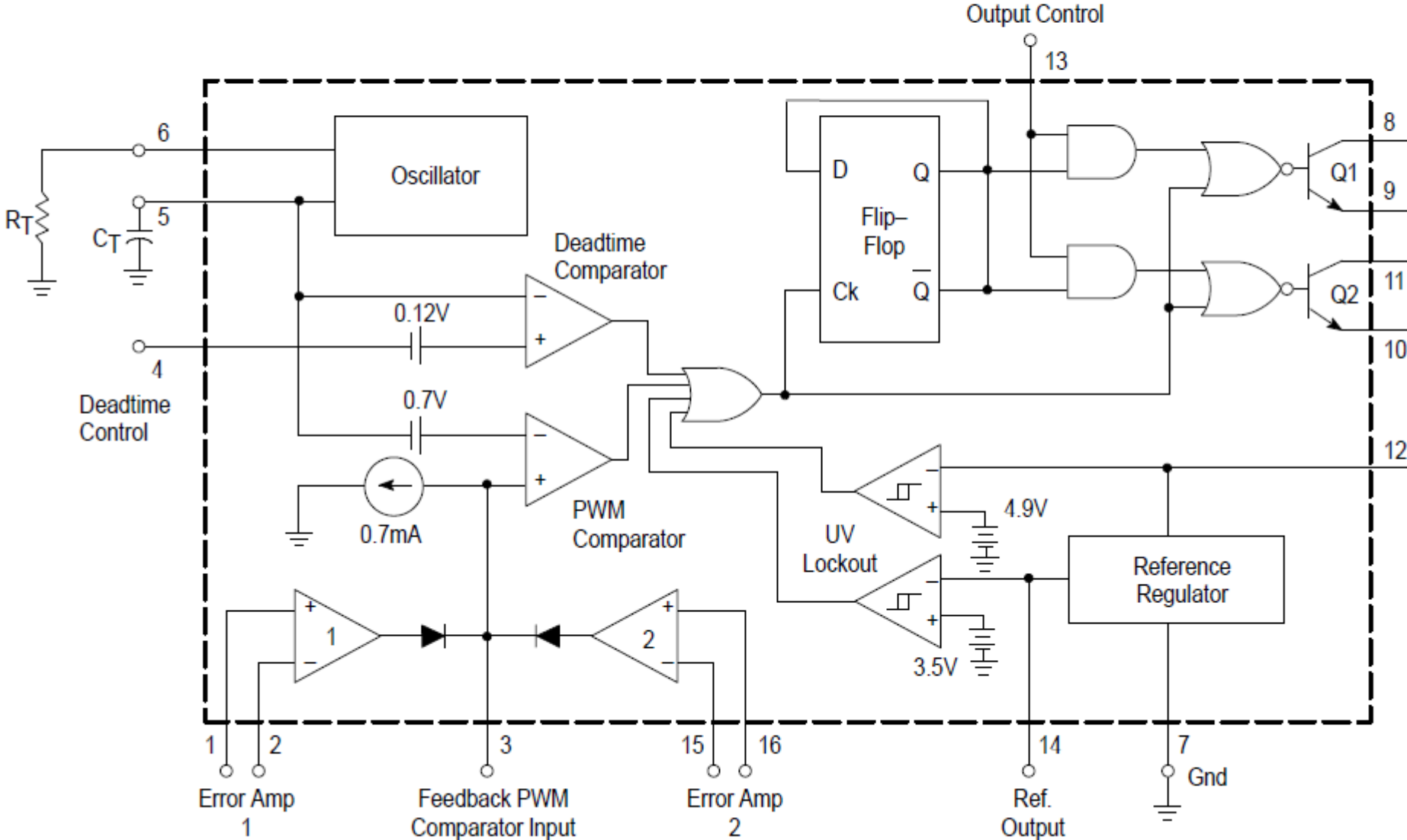


# Características

- Frecuencia fija ( $R_T$  y  $C_T$ ).
- Dos amplificadores de error.
- Oscilador de frecuencia ajustable
- Comparador para el control de tiempo muerto (DTC).
- Flip flop D para el control de los transistores de salida.
- Dos transistores de salida.
- Rango de temperatura: 0 a 70°C (TL494C) o -15 a 85°C (TL494I)

# TL494

Figure 1. Representative Block Diagram



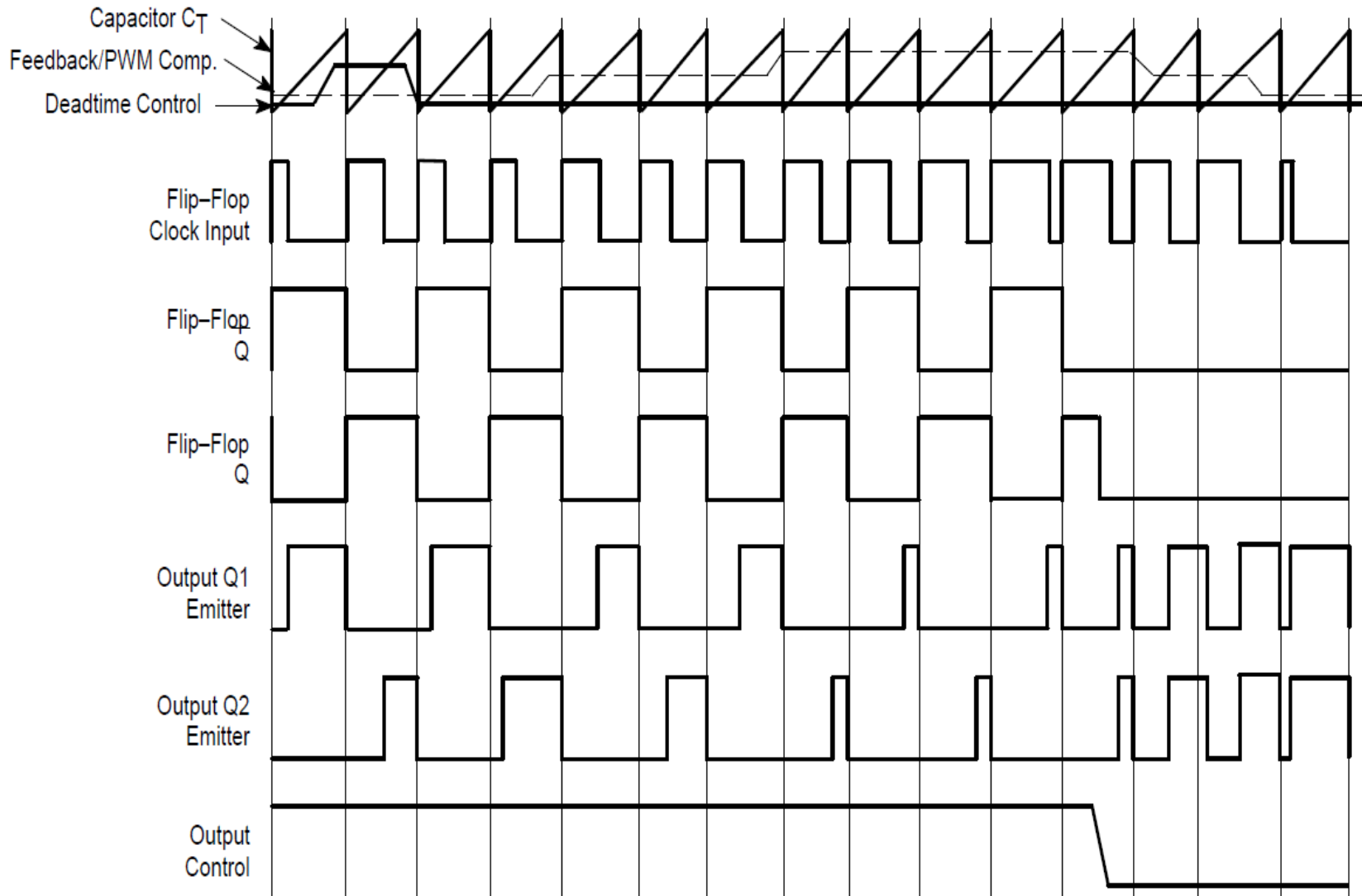
# PRINCIPIO DE OPERACIÓN

La modulación de los pulsos de salida se logra mediante la comparación de una forma de onda diente de sierra (creada internamente por el CI) con las señales de control: DTC y la salida de los amplificadores de error.

La etapa de salida se habilita durante el tiempo en el cual el voltaje de la diente de sierra es mayor que el de las señales de control.



# PRINCIPIO DE OPERACIÓN





**MOTOROLA**

Order this document by TL494/D

# SWITCHMODE™ Pulse Width Modulation Control Circuit

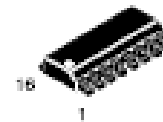
The TL494 is a fixed frequency, pulse width modulation control circuit designed primarily for SWITCHMODE power supply control.

- Complete Pulse Width Modulation Control Circuitry
- On-Chip Oscillator with Master or Slave Operation
- On-Chip Error Amplifiers
- On-Chip 5.0 V Reference
- Adjustable Deadtime Control
- Uncommitted Output Transistors Rated to 500 mA Source or Sink
- Output Control for Push-Pull or Single-Ended Operation
- Undervoltage Lockout

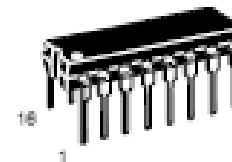
## TL494

**SWITCHMODE  
PULSE WIDTH MODULATION  
CONTROL CIRCUIT**

SEMICONDUCTOR  
TECHNICAL DATA



**D SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 751B  
(SO-16)**

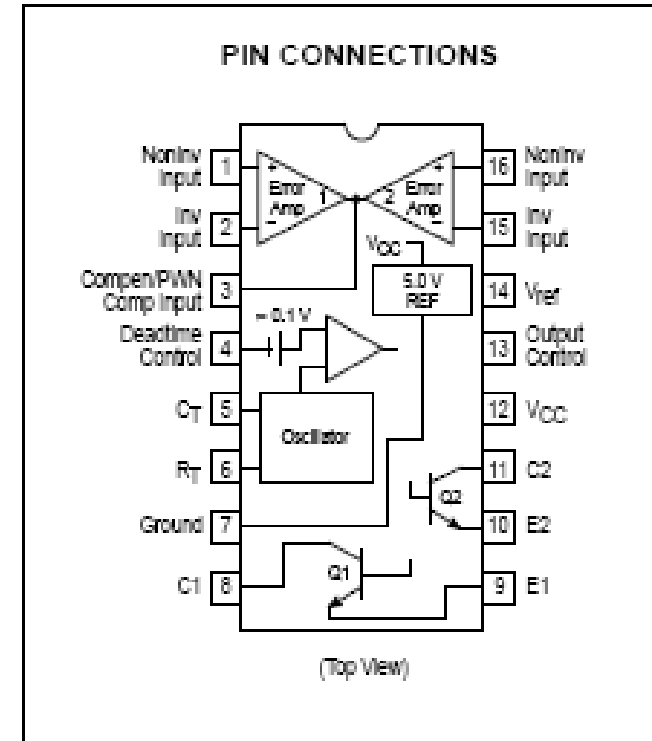


**N SUFFIX  
PLASTIC PACKAGE  
CASE 648**

**MAXIMUM RATINGS** (Full operating ambient temperature range applies, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	TL494C	TL494I	Unit
Power Supply Voltage	$V_{CC}$	42		V
Collector Output Voltage	$V_{C1}$ , $V_{C2}$	42		V
Collector Output Current (Each transistor) (Note 1)	$I_{C1}$ , $I_{C2}$	500		mA
Amplifier Input Voltage Range	$V_{IR}$	-0.3 to +42		V
Power Dissipation @ $T_A \leq 45^\circ\text{C}$	$P_D$	1000		mW
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	80		$^\circ\text{C}/\text{W}$
Operating Junction Temperature	$T_J$	125		$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	$T_{stg}$	-55 to +125		$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature Range TL494C TL494I	$T_A$	0 to +70 -25 to +85		$^\circ\text{C}$
Derating Ambient Temperature	$T_A$	45		$^\circ\text{C}$

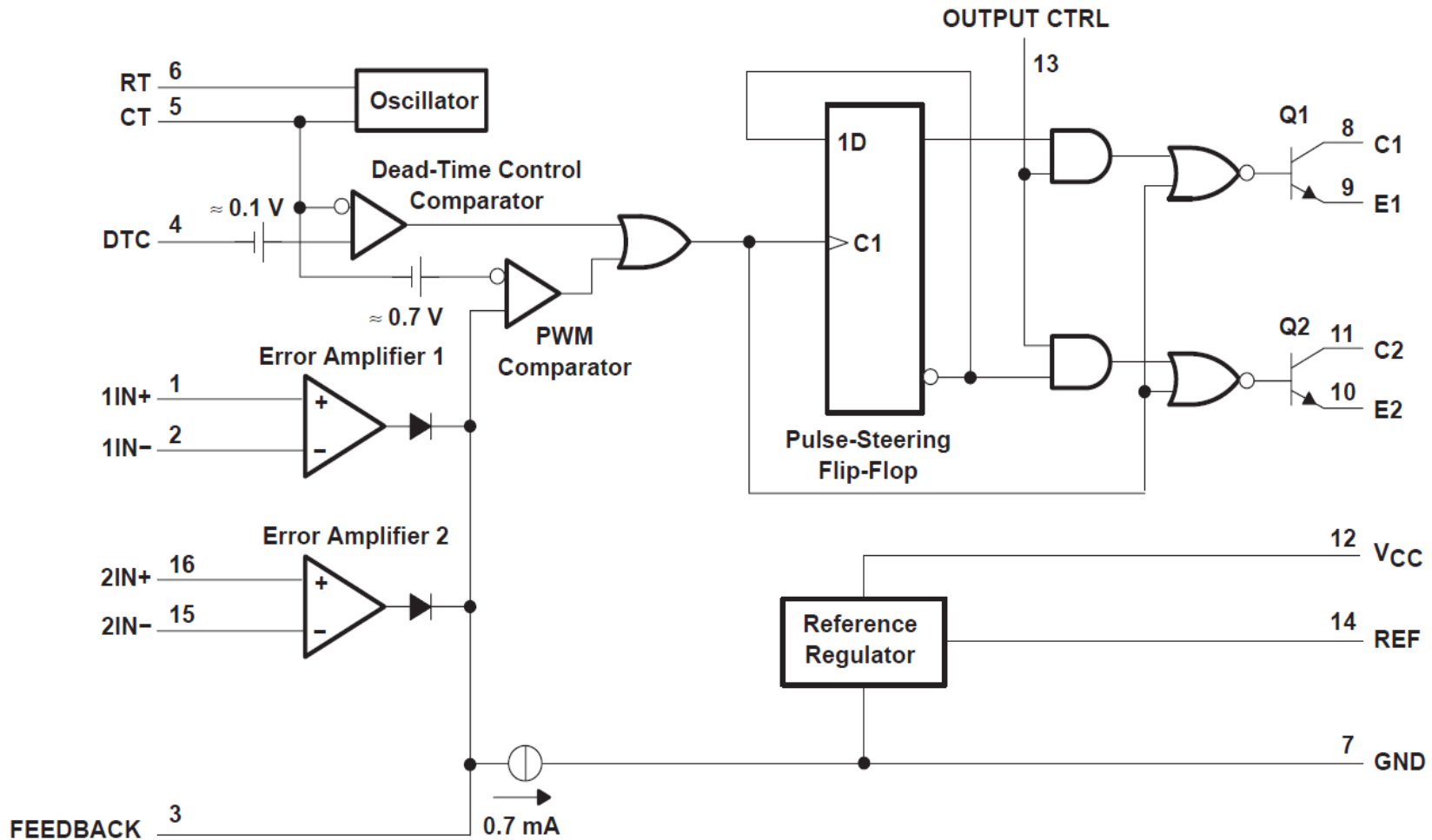
NOTE: 1. Maximum thermal limits must be observed.



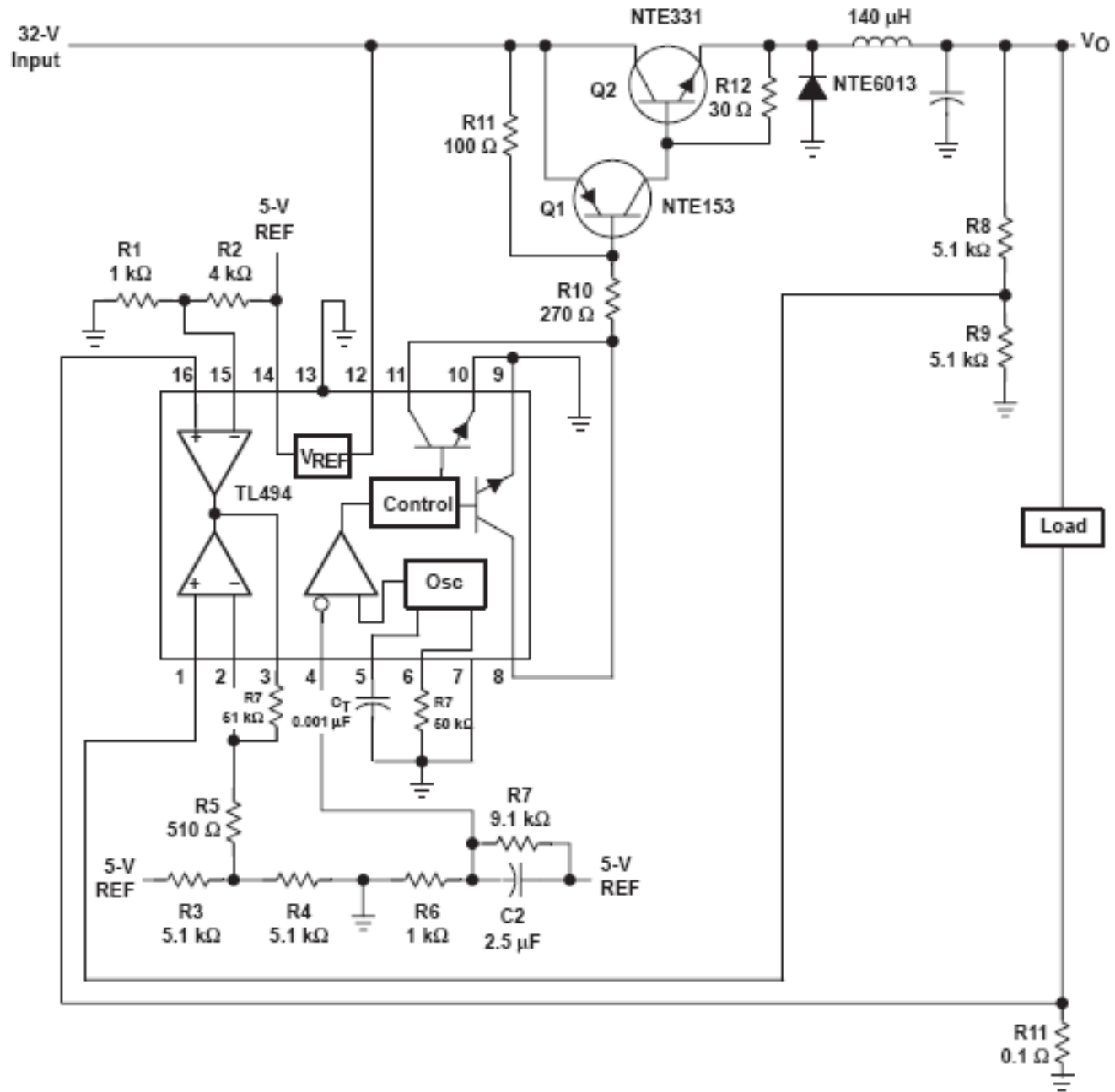
### ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
TL494CD	$T_A = 0^\circ$ to $+70^\circ\text{C}$	SO-16
TL494CN		Plastic
TL494IN	$T_A = -25^\circ$ to $+85^\circ\text{C}$	Plastic

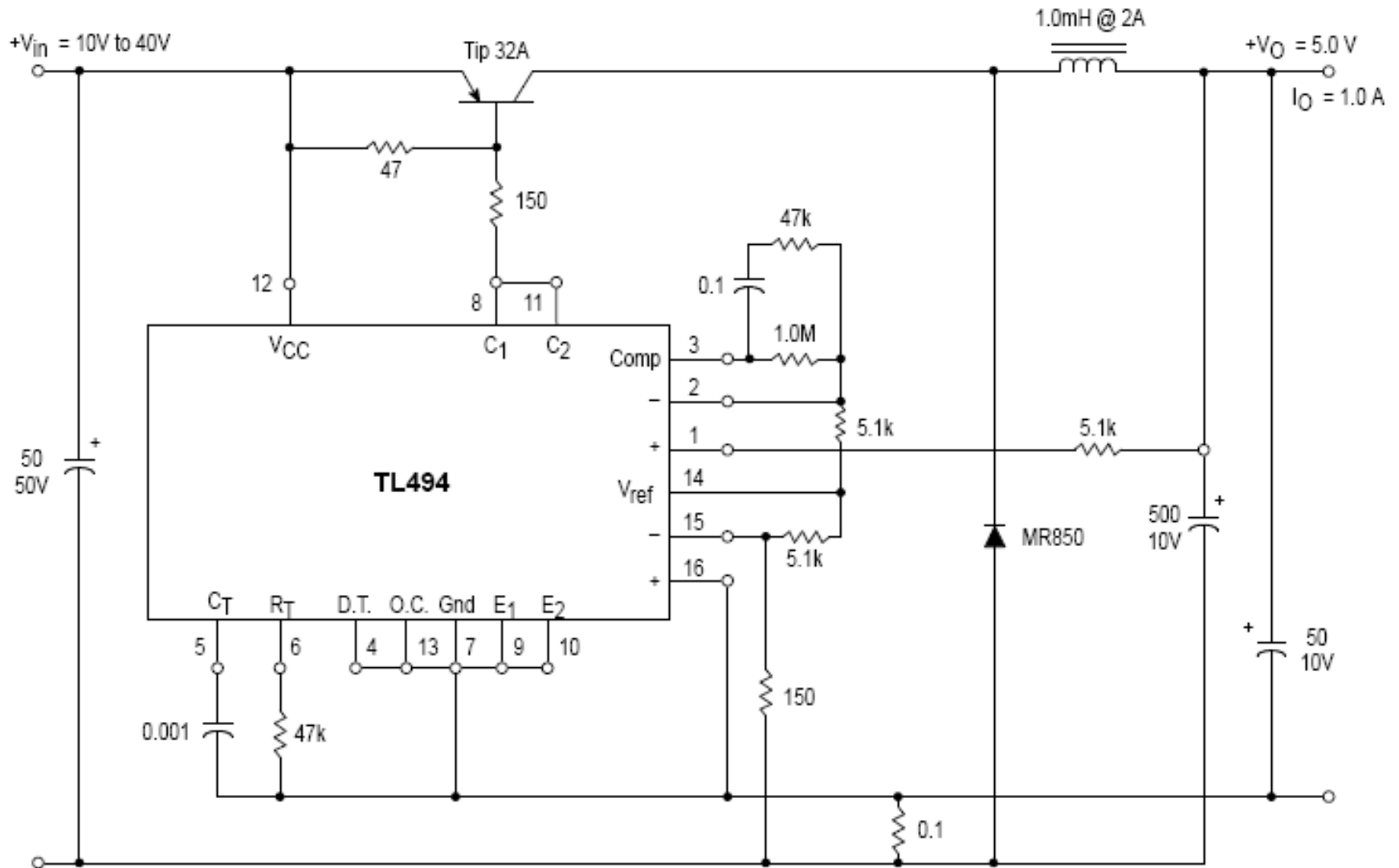
# TL494: Diagrama interno



# Ejemplo de aplicación TL494



# Ejemplo de aplicación TL494



**FIN**